

**KUAT TEKAN BEBAS TANAH LEMPUNG SUKODONO SRAGEN  
YANG DISTABILISASI DENGAN KAPUR DAN BUBUK ARANG  
TEMPURUNG KELAPA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan  
Teknik Sipil Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**Muhamad Ikhsan  
D 100 150 205**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2019**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**KUAT TEKAN BEBAS TANAH LEMPUNG SUKODONO SRAGEN  
YANG DISTABILISASI DENGAN KAPUR DAN BUBUK ARANG  
TEMPURUNG KELAPA**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**Muhamad Ikhsan**  
**D 100 150 205**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen  
Pembimbing



**Ir. Renaningsih, M.T.**  
**NIK. 733**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**KUAT TEKAN BEBAS TANAH LEMPUNG SUKODONO SRAGEN  
YANG DISTABILISASI DENGAN KAPUR DAN BUBUK ARANG  
TEMPURUNG KELAPA**




Oleh :

**MUHAMAD IKHSAN**

**D 100 150 205**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada Hari Selasa, 29 Oktober 2019**

**Dewan Penguji :**

- |   |              |  |
|---|--------------|--|
| 1. Ir. Renaningsih, MT.<br>(Ketua Dewan Penguji)                    | ( NIK. 733 ) | (.....  ) |
| 2. Qunik Wiqoyah, ST, MT.<br>( Anggota I Dewan Penguji )            | ( NIK. 690 ) | (.....  )  |
| 3. Anto Budi Listyawan, S.T., M.Sc.<br>( Anggota II Dewan penguji ) | ( NIK. 913 ) | (.....  )  |

**Dekan,**



**Ir. Sri Sunariono, M.T., PhD., IPM**

**NIK. 682**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 29 Oktober 2019

Penulis



**MUHAMAD IKHSAN**

**D 100 150 205**

# KUAT TEKAN BEBAS TANAH LEMPUNG SUKODONO SRAGEN YANG DISTABILISASI DENGAN KAPUR DAN BUBUK ARANG TEMPURUNG KELAPA

## Abstrak

Tanah merupakan dasar dari suatu struktur atau konstruksi, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan, yang sering menimbulkan masalah bila memiliki sifat-sifat yang buruk. Tanah di Desa Bendo Kecamatan Sukodono Kabupaten Sragen tanahnya merupakan tanah lempung yang memiliki kembang susut dan plastisitas yang tinggi. Sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan cara menstabilisasi tanah tersebut dengan menggunakan penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat sampel tanah. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa terhadap sifat fisis dan sifat mekanis pada parameter kuat tekan bebas. Hasil uji sifat fisis tanah asli yang distabilisasi kapur dengan persentase tetap 5% dan bubuk arang tempurung kelapa dengan persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% cenderung mengalami penurunan untuk nilai kadar air, *specific gravity* (Gs), batas cair (LL), Indeks Plastisitas (PI), lolos saringan No. 200 sedangkan pada batas susut (SL), batas plastis (PL) mengalami kenaikan. Menurut metode AASHTO, tanah termasuk dalam klasifikasi A-7-5 dengan tipe material yang pada umumnya tanah berlempung dan penilaian umum sebagai tanah dasarnya yaitu sedang sampai buruk. Pada klasifikasi dengan menggunakan metode USCS, tanah termasuk dalam kelompok MH yang berarti tanah lanau anorganik dengan plastisitas tinggi. Hasil uji sifat mekanis dari uji *standard Proctor* tanah campuran kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% mengalami kenaikan nilai berat volume dan penurunan kadar air optimum. Nilai kuat tekan bebas terendah terdapat pada tanah asli dengan nilai  $0,260 \text{ kg/cm}^2$  sedangkan nilai kuat tekan bebas terbesar terdapat pada tanah dengan campuran 5% kapur dan 10% bubuk arang tempurung kelapa yaitu sebesar  $1,680 \text{ kg/cm}^2$  yang termasuk dalam keadaan tanah lempung kenyal.

**Kata kunci :** Stabilisasi, Kapur, Kuat Tekan Bebas, Tempurung Kelapa, Tanah lempung

## Abstract

Land is the basis of a structure or construction, be it building construction or road construction, which often creates problems if it has bad properties. The land in Bendo Village, Sukodono District, Kabupaten, Sragen, is a clay soil that has high shrinkage and plasticity. So it needs to be improved by stabilizing the soil using the addition of 5% lime and coconut shell charcoal powder presentations 0%, 2.5%, 5%, 7.5% and 10% of the weight of the soil sample. This study was conducted to determine the effect of the addition of lime and coconut shell charcoal powder on physical and mechanical properties of the free compressive strength parameters. The results of physical properties test of native soil stabilized with lime with a fixed percentage of 5% and coconut shell charcoal powder with the percentage of 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% tend to decrease for the value of water content, specific gravity (Gs), limit liquid (LL), Plasticity Index (PI), pass filter No. 200 whereas in the shrinkage limit (SL), the plastic limit (PL) has increased. According to the AASHTO method, soils are included in the A-7-5 classification with the type of material which is generally clay soil and general assessment as a basic soil that is moderate to bad. In the classification using the USCS method, soils are included in the MH group which means inorganic clay soils with high plasticity. The results of the mechanical properties of the standard Proctor soil test mixture of 5% lime and coconut shell charcoal powder presentations 0%, 2.5%, 5%, 7.5% and 10% experienced an increase in volume weight value and a decrease in optimum water

content. The lowest value of free compressive strength is found in the original soil with a value of  $0.260 \text{ kg / cm}^2$  while the largest value of free compressive strength is in the soil with a mixture of 5% lime and 10% coconut shell charcoal powder that is equal to  $1,780 \text{ kg / cm}^2$  which is included in the state of the springy clay.

**Keywords :** Stabilization, Lime, Free Compressive Strength, Coconut Shell, Clay

## 1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan hal yang paling penting dalam membangun suatu bangunan. Hal ini dikarenakan tanah adalah pondasi yang mendukung semua beban bangunan yang berdiri di atasnya. Namun, sering sekali ditemukan beberapa kasus lokasi yang tanahnya memiliki daya dukung kurang baik, sehingga sulit untuk dibangun sebuah konstruksinya.

Di daerah Sragen masih sering ditemui berbagai kondisi jalan yang rusak yang disebabkan oleh kondisi tanah yang kurang stabil. Kondisi jalan berlubang dan rusak serta umur jalan yang relatif pendek merupakan masalah yang ada di Kecamatan Sukodono Kabupaten Sragen. Berdasarkan hasil pengujian pendahuluan yang telah dilakukan berupa uji fisis terhadap tanah desa Bendo, kecamatan Sukodono, kabupaten Sragen di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta didapatkan nilai  $LL=69,94 \%$ ,  $PL=29,75 \%$ ,  $SL=20,36 \%$ ,  $PI=40,18 \%$  (lebih dari 17%) maka tanah di desa Bendo, kecamatan Sukodono, kabupaten Sragen berdasarkan sistem AASHTO tanah tersebut tergolong ke dalam kelompok A-7-6 yang termasuk tanah berlempung sedang sampai buruk sebagai kategori penilaians umum subgrade jalan. Adapun menurut sistem USCS tergolong dalam kelompok CH yang berarti tanah lempung anorganik plastisitas tinggi.

Berdasarkan latar belakang di atas, tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah penelitian stabilisasi tanah lempung di Desa Bendo, Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen menggunakan bahan tambah kapur sebesar 5% dan bubuk arang tempurung kelapa sebesar 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10%. Penelitian ini akan menganalisis mengenai sifat fisis kadar air, berat jenis, batas *Atterberg*, analisa ukuran butiran tanah dan sifat mekanis tanah yaitu uji pemadatan dan UCT.

Pengujian pemadatan ini dilakukan dari setiap pengujian akan diperoleh nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum dari tanah tersebut. Berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ) dari tanah yang di uji dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

$\gamma_b$  = Berat volume tanah basah (gram/cm<sup>3</sup>)

W = Berat tanah basah (gram)

V = Volume cetakan (cm<sup>3</sup>)

Nilai kadar air optimum diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

w = Kadar air (%)

W<sub>w</sub> = Berat air (gram)

W<sub>s</sub> = Berat tanah kering (gram)

Berat volume tanah kering dengan persamaan sebagai berikut:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{w+1} \dots\dots\dots (3)$$

dengan :

$\gamma_d$  = Berat volume tanah kering (gram/cm<sup>3</sup>)

$\gamma_b$  = Berat volume tanah basah (gram/cm<sup>3</sup>)

w = Kadar air (%)

Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) ini mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya maka dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_f = \Delta\sigma_f = q_u \dots\dots\dots (4)$$

Kohesi *undrained* atau regangan tanah akibat tekanan tersebut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$c_u = \frac{q_u}{2} \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

c<sub>u</sub> = Kohesi *Undrained* (kg/cm<sup>2</sup>)

q<sub>u</sub> = Kuat tekan bebas tanah (kg/cm<sup>2</sup>)

## 2. METODE

Uji sifat fisis dan mekanis dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta untuk uji sifat fisis dimulai dari pengujian *Atterberg Limits*, berat

jenis, kadar air, analisis saringan. Uji mekanis yaitu uji pemadatan dan uji *Unconfined Compression Test* (UCT). Tahapan penelitian meliputi :

Tahap awal dimulai studi literatur, mencari dan mengambil bahan sampel tanah dari Desa Bendo, Kecamatan Sukodono, Kabupaten Sragen yang dikondisikan dalam kondisi kering udara, pengadaan bahan tambah kapur yang dibeli di Makamhaji, Sukoharjo dan bubuk arang tempurung kelapa berasal dari Desa Jetis, Kecamatan Jaten, Kabupaten Karanganyar serta mempersiapkan alat yang akan digunakan dalam penelitian. Selanjutnya uji kimia bubuk arang tempurung kelapa di Laboratorium KIMIA MIPA Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

Tahap ke dua dilakukan meliputi uji fisis pada tanah asli dan tanah campuran dengan penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa sebesar 0% ; 2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10%. Uji fisis yang dilakukan meliputi kadar air, berat jenis, batas-batas *Atterberg (Liquid Limit, Plastic Limit, Shrinkage Limit)*, dan analisa ukuran butiran. kemudian dilakukan pengujian *Standard Proctor* dari tanah asli dan masing-masing sampel untuk menentukan nilai kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) dan nilai kepadatan maksimum ( $\gamma_{dmaks}$ ).

Tahap ke tiga dilakukan pembuatan sampel tanah asli dan tanah campuran dengan presentase penambahan campuran kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa dengan presentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari berat sampel, Kemudian dilakukan perawatan selama 0 hari, 3 hari, dan 7 hari sebelum dilakukan uji *Unconfined Compression Test* (UCT) pada tanah asli dan tanah campuran.

Tahap ke empat terdapat tahap analisis data dan pembahasan, hasil uji yang dilakukan pada tahap II dan tahap III. Dari hasil analisis data maka dapat diambil kesimpulan dan saran jika diperlukan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Uji Sifat Kimia Tanah Asli dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

Tabel 1. Unsur Kimia Tanah Asli

No.	Unsur Kimia	Hasil Pengujian (%)
1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,86
2	CaO	0,92
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,81
4	MgO	1,35
5	SiO <sub>2</sub>	63,25



Tabel 2. Unsur Kimia Kapur (Wiqoyah, 2006)

No	Unsur Kimia	Hasil Pengukuran (%)
1	SiO <sub>2</sub>	0,00
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,33
4	CaO	68,07
5	MgO	0,29
6	Na <sub>2</sub> O	0,09
7	K <sub>2</sub> O	0,02
8	MnO	0,02
9	TiO <sub>2</sub>	0,07
10	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12
11	H <sub>2</sub> O	1,07
12	HD	28,91

Tabel 3. Unsur Kimia Bubuk Arang Tempurung Kelapa (LPPT UGM, 2018)

No	Unsur Kimia	Hasil Pengukuran (%)
1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,6831
2	CaO	5,4185
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,3993
4	MgO	2,7813
5	SiO <sub>2</sub>	28,6142

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya oleh Muh. Yusuf Bachtiar (2018) di Lab FKMIPA Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Hasil uji kimia bubuk arang tempurung kelapa belum termasuk dalam pozzolan, dapat dilihat dari Tabel 3 jumlah SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kurang dari 70%.

Apabila bubuk arang tempurung kelapa direaksikan dengan tanah dan kapur maka akan menghasilkan reaksi dimana  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CaSiO}_3 + \text{Fe}(\text{AlO}_2)_3$  yang akan menghasilkan reaksi pozzolanik yang menyebabkan partikel tanah

akan menggumpal secara bersamaan dan terbentuk partikel tanah dengan ukuran yang lebih besar, serta adanya pengikatan air dalam waktu yang cepat.

### 3.2 Uji Sifat-sifat Fisis Pada Tanah Asli

Tabel 4. Hasil Uji Sifat-sifat Fisis Pada Tanah Asli

Kadar Air (w) (%)	<i>Specific Gravity</i> (Gs)	<i>Liquid Limit</i> (%)	<i>Plastic Limit</i> (%)	<i>Shrinkage Limit</i> (%)	PI (%)	Lolos Saringan No.200	<i>Group Indeks</i>	Klasifikasi Tanah	
								AASHTO	USCS
10,75	2,749	69,94	29,75	20,36	40,18	88	40	A-7-6	CH

Berdasarkan Tabel 4 dari nilai *specific gravity* dan *indeks* plastisnya, tanah asli di Desa Bendo, Kec. Sukodono, Kab. Sragen merupakan lempung anorganik berplastisitas tinggi.

### 3.3 Uji Sifat-sifat Fisis Pada Tanah Campuran

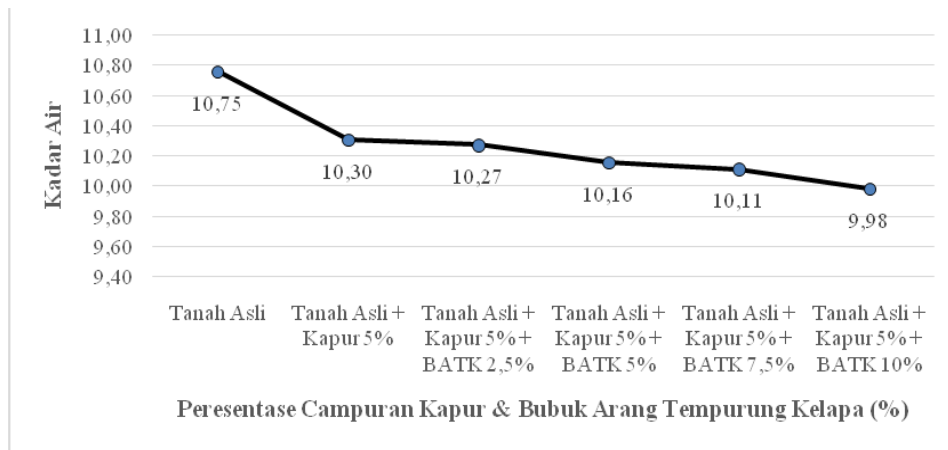
Tabel 5. Hasil Sifat Fisis Pada Tanah Dicampur Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

Jenis pengujian	Persentase Campuran Kapur 5% dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%				
	0%	2,5%	5%	7,5%	10%
Kadar Air Kering Udara (%)	10,30	10,27	10,16	10,11	9,98
Berat Jenis (Gs)	2,744	2,703	2,671	2,633	2,608
Batas Cair (%)	65,95	64,76	62,08	58,15	57,63
Batas Plastis (%)	33,92	35,97	36,81	37,80	38,62
Batas Susut (%)	32,87	34,01	34,84	35,68	36,24
Indeks Plastisitas (%)	32,02	28,78	25,27	20,35	19,01
Lolos saringan No. 200 (%)	87,00	83,00	81,00	78,00	74,00
Kelompok Tanah					
AASHTO	A-7-5	A-7-5	A-7-5	A-7-5	A-7-5
Kelompok Indeks (GI)	33	28	24	19	17
USCS	CH	MH	MH	MH	MH

Kadar air kering udara mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Kadar air terbesar diperoleh pada tanah asli sebesar 10,75% dan kadar air terkecil diperoleh pada tanah yang dicampur kapur 5% dan bubuk arang

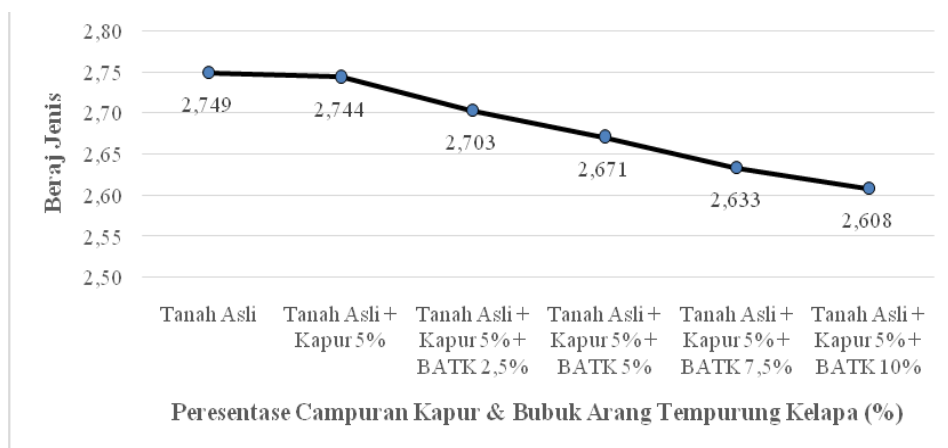
tempurung kelapa 10% sebesar 9,98%. Penurunan kadar air mungkin terjadi karena sifat dapat menyerapnya air oleh bahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa.

Hubungan antara persentase penambahan kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dengan nilai kadar air disajikan pada Gambar 1.



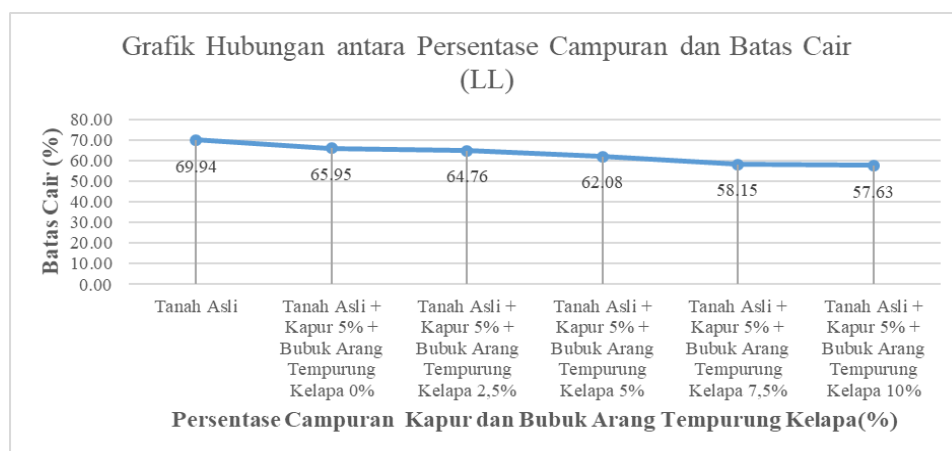
Gambar 1. Hubungan Kadar Air dengan Presentase Penambahan Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

Berat jenis mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Berat jenis terbesar diperoleh pada tanah asli sebesar 2,749 dan berat jenis terkecil diperoleh pada tanah yang dicampur 5% kapur ditambah 10% bubuk arang tempurung kelapa yaitu sebesar 2,608. Hal tersebut terjadi karena berat jenis tanah asli lebih besar dari berat jenis kapur yaitu 2,28. Hubungan antara berat jenis tanah dengan persentase kapur dan bubuk arang tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 2.



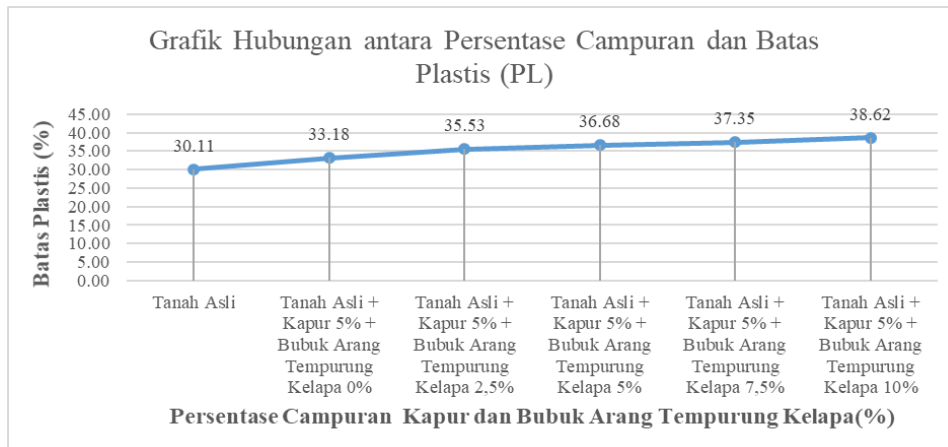
Gambar 2. Hubungan Berat Jenis dan Persentase Penambahan Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

Batas cair mengalami penurunan seiring bertambahnya presentase kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Batas cair terbesar diperoleh pada tanah asli sebesar 69,94% dan batas cair terkecil diperoleh pada tanah yang dicampur kapur dan bubuk arang tempurung kelapa yaitu sebesar 57,63%. Hal tersebut terjadi karena penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa menyebabkan membesarnya butiran tanah sehingga kohesi mengalami penurunan. Hubungan nilai batas cair (LL) dengan persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 3



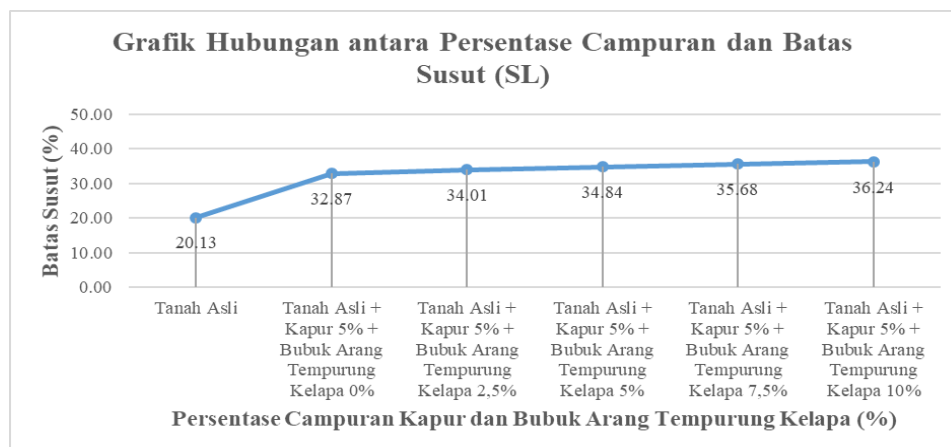
Gambar 3. Hubungan antara Batas Cair dengan Persentase Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

Batas plastis mengalami peningkatan seiring bertambahnya persentase kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Batas plastis terkecil diperoleh pada tanah asli sebesar 30,11% dan batas plastis terbesar diperoleh pada tanah yang dicampur 5% kapur ditambah 10% bubuk arang tempurung kelapa sebesar 38,62%. Hal tersebut karena penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa menyebabkan butiran tanah membesar menyebabkan ikatan antar butiran tanah tidak mudah lepas sehingga kohesi mengalami kenaikan. Hubungan antara nilai batas plastis tanah (PL) dengan persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 4



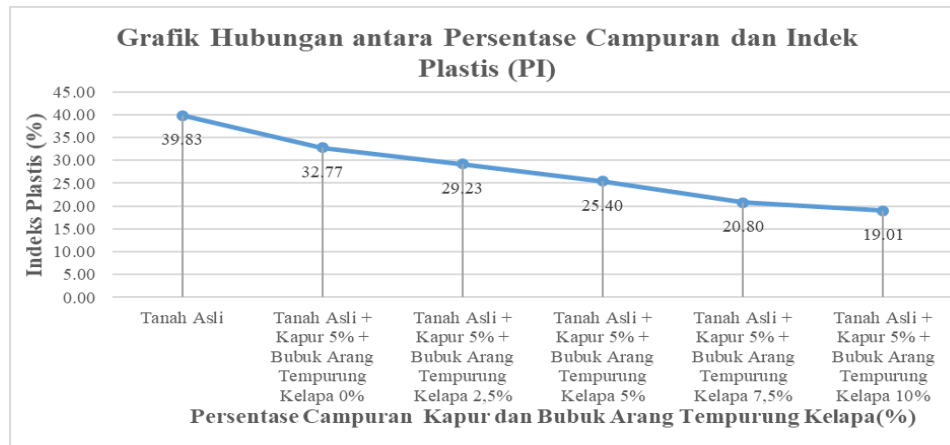
Gambar 4. Hubungan antara Batas Plastis dengan Persentase Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

Batas susut mengalami kenaikan seiring bertambahnya persentase kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Hal tersebut disebabkan karena penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa menyebabkan perubahan volume yang terjadi kecil. Batas susut terkecil diperoleh pada tanah asli sebesar 20,36% dan batas susut terbesar diperoleh pada tanah yang dicampur 5% kapur dan 10% bubuk arang tempurung kelapa dengan nilai batas susut sebesar 36,24% dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Hubungan antara Batas Susut dengan Persentase Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

Indek plastisitas merupakan selisih antara *Liquid Limit* (LL) dengan *Plastis Limit* (PL). Indek plastisitas mengalami penurunan seiring bertambahnya persentase kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Hal tersebut disebabkan karena butiran tanah yang membesar akibat terjadinya proses sementasi sehingga kohesi mengalami penurunan. Indek plastisitas terbesar diperoleh pada tanah asli sebesar 39,83% dan batas susut terkecil diperoleh pada tanah yang dicampur 5% kapur dan 10% bubuk arang tempurung kelapa dengan nilai indeks plastisitas sebesar 19,01% dapat dilihat pada Gambar 6

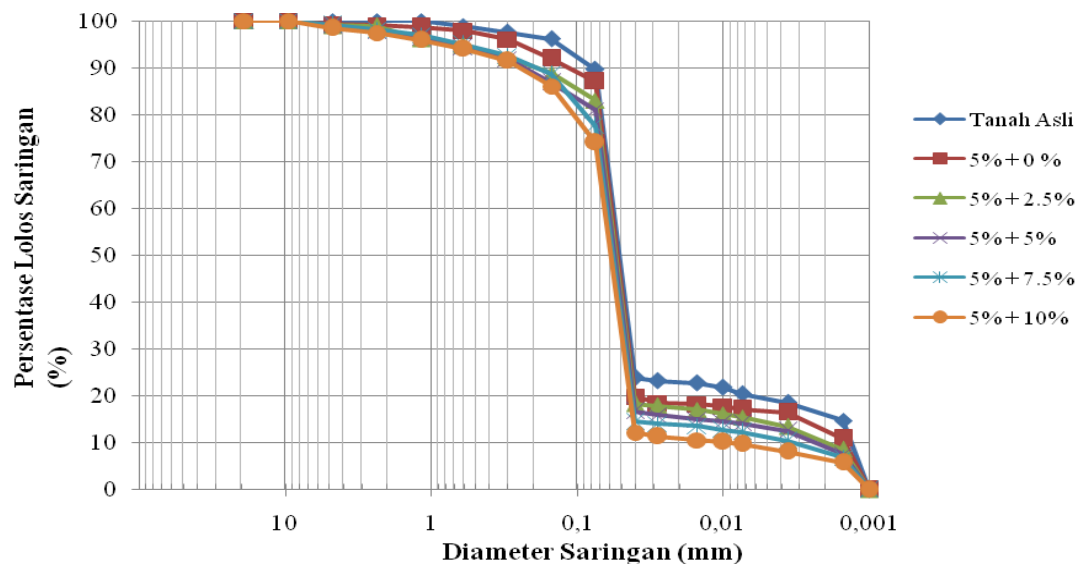


Gambar 6. Hubungan antara Indeks Plastis dengan Persentase Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa

Pengujian analisa saringan dan *hydrometer* dilakukan untuk menentukan gradasi butiran tanah pada tanah asli dan tanah dengan penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Uji analisa ukuran butiran atau uji gradasi pada tanah asli yang lolos saringan No.200 didapatkan nilai sebesar 88%. Butiran tanah lolos saringan No.200 mengalami penurunan seiring dengan penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa. Nilai terkecil butiran tanah lolos saringan No.200 diperoleh yaitu sebesar 74% pada penambahan 5% kapur dan 10% bubuk tempurung kelapa. Semakin besar penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa menghasilkan gradasi butiran tanah yang semakin besar, hal tersebut kemungkinan disebabkan pengaruh penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa sehingga tanah mengalami penggumpalan. Hasil uji analisa ukuran butiran dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Hasil Uji Analisa Butiran

Ayakan	Dimater	Tanah Asli	5% kapur	5% kapur + % bubuk arang serbuk tempurung kelapa			
No.	(mm)			2.5%	5%	7.5%	10%
3/4	19.1	100	100	100	100	100	100
3/8	9.6	100	100	100	100	100	100
4	4.750	100	99	99	99	99	99
8	2.360	100	99	99	98	98	98
16	1.180	100	99	96	96	97	96
30	0.600	99	98	95	94	95	94
50	0.300	96	96	92	92	93	92
100	0.150	90	92	89	87	89	86
200	0.075	88	87	83	81	78	74
Hydro meter	0.040	23,891	19,854	18,327	16,700	14,403	12,182
	0.028	23,187	18,466	17,880	15,821	13,979	11,370
	0.015	22,718	18,234	16,986	14,942	13,556	10,558
	0.010	21,779	17,771	16,092	14,503	12,708	10,152
	0.0074	20,371	17,077	15,421	14,063	12,285	9,745
	0.0036	18,493	16,383	13,410	12,525	10,378	8,121
	0.0015	14,738	10,829	8,493	7,471	6,778	5,685
	0.001	0	0	0	0	0	0



Gambar 7. Hubungan antara Diameter Saringan dengan Persentase Lolos Saringan

Sesuai dengan system klasifikasi USCS, hasil tanah lolos saringan No. 200 untuk tanah asli dan tanah campuran lebih dari 50 %, batas cair (LL) kurang dari 50 %, indeks plastisitas (PI) untuk tanah asli dan tanah campuran sekitar 19 – 40 %. Kemudian dari data LL dan PI tersebut diplotkan pada grafik dan diperoleh hasil jenis tanah yang berada di bawah garis “A” dan masuk kategori CH atau MH, sehingga diperlukan system klasifikasi USCS dengan menggunakan LLR (Casagrande, 1948) dan setelah dihitung nilai LLR lebih dari 0,75, maka tanah asli dan 5% kapur 0% BATK termasuk kategori CH (Fat Clay/ Lempung Tak Organik). Dengan cara yang sama, tanah dengan campuran 2,5 % ; 5 % ; 7,5% dan 10% termasuk kategori MH (Elastic Silt/Lanau Tak Organik), sedangkan berdasarkan system klasifikasi AAHSTO, hasil tanah lolos saringan No. 200 untuk tanah asli dan tanah campuran lebih dari 36% batas cair (LL) untuk tanah asli, campuran 0 % ; 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10% lebih dari 41 %, serta indeks plastisitas (PI) untuk tanah asli, 0 % ; 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10 % lebih dari 11 % , maka tanah asli termasuk kategori A-7-6, yaitu tanah berlempung sampai buruk. Sedangkan tanah campuran 0% ; 2,5% ; 5% ; 7,5% dan 10 % termasuk kategori A-7-5 yaitu tanah berlempung biasa sampai buruk.

### 3.4 Uji Sifat Mekanis

#### 3.4.1 Uji pemadatan (*Standard Proctor*)

Hasil uji pemadatan *Standart Proctor* disajikan pada Tabel 7

Tabel 7 Nilai pemadatan *Standard Proctor*

No	Jenis sampel tanah	γ <sub>dmax</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	W <sub>opt</sub> (%)
1	Tanah Asli	1,192	30,53
2	5% Kapur + 0% BATK	1,240	29,10
3	5% Kapur + 2,5% BATK	1,260	27,90
4	5% Kapur+ 5% BATK	1,296	26,15
5	5% Kapur+ 7,5% BATK	1,380	23,70
6	5% Kapur+ 10% BATK	1,420	21,50

Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan bahwa seiring bertambahnya persentase penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa akan menyebabkan kenaikan berat volume kering. Hal tersebut disebabkan oleh ukuran butiran tanah yang semakin besar akibat penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa, disamping itu rongga pori tanah yang semula berisi udara dan air tergantikan dengan adanya penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa.



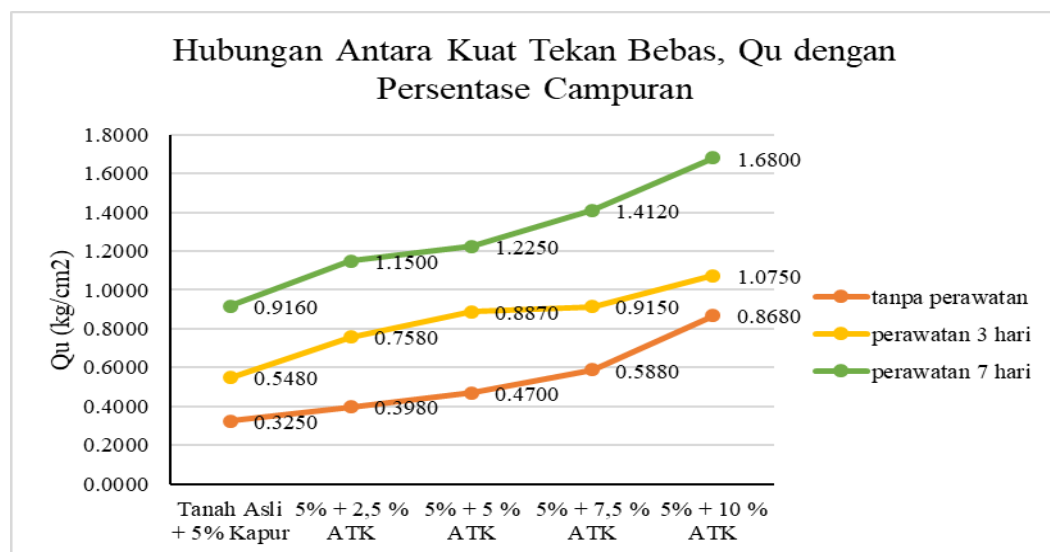
Sehingga semakin besar penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa maka berat volume kering tanah semakin besar.

Pada saat terjadi kenaikan nilai berat volume kering maksimum menyebabkan penurunan pada kadar air optimum. Kadar air optimum tertinggi pada tanah asli yaitu sebesar 30,53% sedangkan kadar air optimum terendah terdapat pada penambahan 5% kapur dan 10% bubuk arang tempurung kelapa yaitu sebesar 21,50%. Hal ini terjadi karena adanya proses sementasi.

### 3.4.2 Pengujian *Unconfined Compression Test (UCT)*

Pengujian kuat tekan bebas (UCT) dilakukan pada sampel tanah dengan persentase penambahan kapur sebesar 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10%. Pada pengujian UCT bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dan kuat geser *undrained* ( $c_u$ ) tanah asli dengan tanah yang sudah distabilisasi menggunakan bahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa.

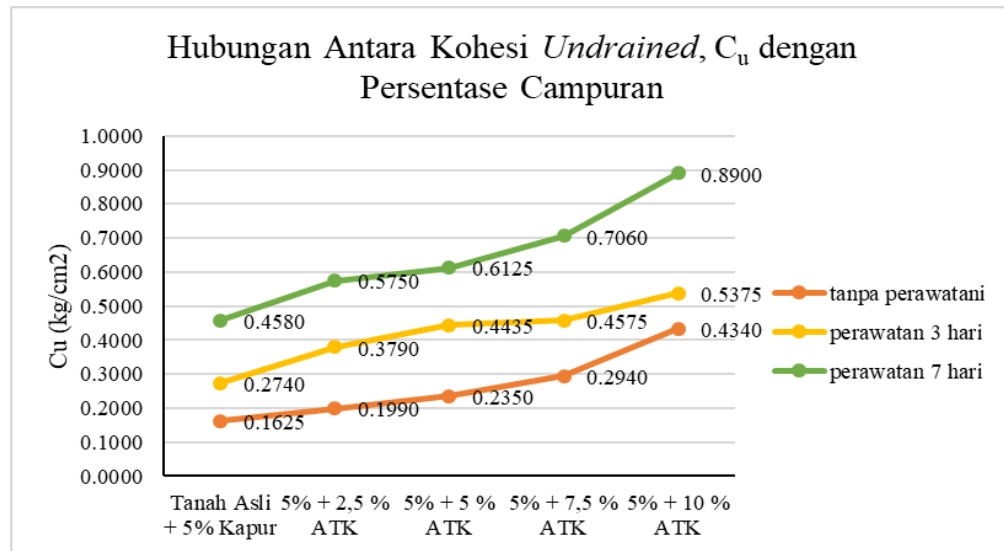
Hasil pengujian *unconfined compression test* (UCT) pada penelitian yang dilakukan pada tanah asli dan tanah campuran kapur 5% dan bubuk arang tempurung kelapa 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10% dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Persentase Campuran dengan Kuat Tekan Bebas,  $q_u$

Pada pengujian tanah asli didapatkan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) sebesar 0,2600 kg/cm<sup>2</sup>. Seiring Penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa pada tanah mengakibatkan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) mengalami kenaikan sebesar 25%. Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terbesar didapat pada tanah campuran 10% bubuk arang tempurung kelapa yaitu sebesar 0,8680 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini di sebabkan bertambahnya persentase bubuk arang tempurung kelapa pada tanah menyebabkan tanah menjadi semakin keras di buktikan dengan  $\gamma_d$  yang semakin meningkat.

Berdasarkan gambar 8 dapat disimpulkan bahwa tanah campuran tanpa perawatan dibandingkan dengan tanah yang sudah dirawat selama 3 hari nilai kuat tekan bebas mengalami kenaikan sebesar 38% dan setelah dirawat 7 hari nilai kuat tekan bebas mengalami kenaikan sebesar 60%. Karena dengan dilakukan perawatan maka reaksi kimia yang terjadi pada tanah campuran semakin lebih baik dan tanah menjadi lebih padat.



Gambar 9. Grafik Hubungan antara Persentase Campuran dengan Kohesi *Undrained*,  $c_u$

Nilai kohesi *undrained* ( $c_u$ ) berbanding lurus dengan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) yaitu mengalami kenaikan. Pada pengujian tanah asli didapatkan nilai kohesi *undrained* ( $c_u$ ) sebesar 0,1300 kg/cm<sup>2</sup>. Seiring Penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa pada tanah mengakibatkan kohesi *undrained* ( $c_u$ ) mengalami kenaikan sebesar 25%. Nilai kohesi *undrained* ( $c_u$ ) terbesar didapat pada tanah campuran 10% bubuk arang tempurung kelapa yaitu sebesar 0,4340 kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini di sebabkan bertambahnya persentase bubuk arang tempurung kelapa pada tanah menyebabkan tanah menjadi semakin keras di buktikan dengan  $\gamma_d$  yang semakin meningkat.

Berdasarkan gambar 9 dapat disimpulkan bahwa tanah campuran tanpa perawatan dibandingkan dengan tanah yang sudah dirawat selama 3 hari nilai kohesi *undrained* mengalami kenaikan sebesar 38% dan setelah dirawat 7 hari kohesi *undrained* mengalami kenaikan sebesar 60%. Karena dengan dilakukan perawatan maka reaksi kimia yang terjadi pada tanah campuran semakin lebih baik dan tanah menjadi lebih padat.

Hasil uji UCT tanah asli dan tanah campuran pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8 Hasil Uji UCT Tanah Asli dan Tanah Campuran

Parameter	Hasil Pengujian UCT					
	Qu (kg/cm <sup>2</sup> )			Cu (kg/cm <sup>2</sup> )		
Masa Perawatan	0 hari	3 hari	7 hari	0 hari	3 hari	7 hari
Tanah Asli	0.2600	-	-	0.1300	-	-
Tanah Asli + 5% Kapur	0.3250	0.5480	0.9160	0.1625	0.2740	0.4580
5% Kap + 2,5 % BATK	0.3980	0.7580	1.1500	0.1990	0.3790	0.5750
5% Kap + 5 % BATK	0.4700	0.8870	1.2250	0.2350	0.4435	0.6125
5% Kap + 7,5 % BATK	0.5880	0.9150	1.4120	0.2940	0.4575	0.7060
5% Kap + 10 % BATK	0.8680	1.0750	1.6800	0.4340	0.5375	0.8400

Klasifikasi tanah untuk uji kuat tekan bebas berbagai keadaan tanah pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 9

Tabel 9 Kelompok tanah berdasarkan nilai kuat tekan bebas (Hardiyatmo,2010)

Presentase penambahan	Hasil Pengujian UCT					
	Qu (kg/cm <sup>2</sup> )			Tabel Konsistensi		
Masa Perawatan	0 hari	3 hari	7 hari	0 hari	3 hari	7 hari
Tanah Asli	0.2600	-	-	Lempung Lunak	-	-
Tanah Asli + 5% Kapur	0.3250	0.5480	0.9160	Lempung Lunak	Lempung Sedang	Lempung Sedang
5% Kap + 2,5 % BATK	0.3980	0.7580	1.1500	Lempung Lunak	Lempung Sedang	Lempung Kenyal
5% Kap + 5 % BATK	0.4700	0.8870	1.2250	Lempung Lunak	Lempung Sedang	Lempung Kenyal
5% Kap + 7,5 % BATK	0.5880	0.9150	1.4120	Lempung Sedang	Lempung Sedang	Lempung Kenyal
5% Kap + 10 % BATK	0.8680	1.0750	1.6800	Lempung Sedang	Lempung Kenyal	Lempung Kenyal

Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terbesar didapat pada tanah campuran 5% kapur dan 10% bubuk arang tempurung kelapa dengan masa perawatan 7 hari yaitu sebesar 1,6800 kg/cm<sup>2</sup> dan masuk ke dalam keadaan tanah lempung kenyal.

## 4. PENUTUP

### 4.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium dan penganalisisan data-data, maka diperoleh kesimpulan :

- 1) Hasil uji fisis tanah asli menunjukkan bahwa tanah desa Bendo, kecamatan Sukodono, kabupaten Sragen menurut AASHTO tanah ini termasuk kelompok A-7-6 tipe material yang pada umumnya tanah berlempung dan penilaian umum sebagai tanah dasarnya yaitu sedang sampai buruk. Klasifikasi tanah menurut USCS menunjukkan bahwa tanah ini termasuk dalam kelompok CH yang berarti tanah lempung anorganik berplastisitas tinggi.
- 2) Hasil uji sifat fisis tanah asli yang distabilisasi kapur dengan presentase tetap 5% dan bubuk arang tempurung kelapa dengan presentase 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% cenderung mengalami penurunan untuk nilai kadar air, *specific gravity* (Gs), batas cair (LL), Indeks Plastisitas (PI), lolos saringan No. 200 sedangkan pada batas susut (SL), batas plastis (PL) mengalami kenaikan. Menurut metode AASHTO, tanah termasuk dalam klasifikasi A-7-5 dengan tipe material yang pada umumnya tanah berlempung dan penilaian umum sebagai tanah dasarnya yaitu sedang sampai buruk. Pada klasifikasi dengan menggunakan metode USCS, tanah termasuk dalam kelompok MH yang berarti tanah lanau anorganik berplastisitas tinggi.
- 3) Pengujian kuat tekan bebas / UCT ( *Unconfined Compression Test* ) di dapatkan nilai kuat tekan bebas pada penambahan kapur dan bubuk arang tempurung kelapa pada tanah mengakibatkan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) mengalami kenaikan seiring penambahan persentase kapur dan bubuk arang tempurung kelapa serta lamanya perawatan. Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) terbesar 1,680 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai kohesi *undrained* ( $c_u$ ) berbanding lurus dengan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) yaitu mengalami kenaikan seiring penambahan persentase kapur dan bubuk arang tempurung kelapa serta lamanya perawatan, Nilai kohesi *undrained* ( $c_u$ ) terbesar 0,890 kg/cm<sup>2</sup> dengan lama perawatan 7 hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, Muhammad Yusuf. 2018. *Nilai Kuat Geser Tanah Lempung Bayat Klaten Yang Distabilisasi Dengan Kapur Daan Bubuk Arang Tempurung Kelapa* : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Aji, M. 2016. “Tinjauan Kuat Geser Tanah Lempung Kecamatan Sukodono Kabupaten Sragen Yang Distabilisasi Dengan Bubuk Arang Kayu”. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Bowles, J.E. 1991. “*Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah*”. Erlangga. Jakarta.
- Das, B.M., Endah Noor., Mochtar, I.B.,1995,”*Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I*”, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah I edisi V*. Yogyakarta ; Universitas Gadjah Mada.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah II edisi V*. Yogyakarta ; Universitas Gadjah Mada.
- Listyawan, A.B, Renaningsih, Qunik Wiqoyah, Dan Agus Susanto. 2017. *Mekanika Tanah dan Rekayasa Pondasi*. Teknik Sipil . Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Prasetyo, P.H. 2016. “Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Metode Kimiawi Menggunakan GaramDapur (Nacl)”, (Studi Kasus Tanah Lempung Desa Majenang, Sukodono,Sragen). Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Terzaghi, Karl. 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*, edisi ke II. Jakarta: Erlangga.
- Wesley, L.d., 1977, *Mekanika Tanah, Pekerjaan Umum Jakarta*
- Wiqoyah, Qunik. 2006. *Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan dan Perendaman terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung*.Dinamika Teknik Sipil, Vol. 6, No. 1: 16-24, Januari 2006.